

도서 지역에 서식하는 외래종 대만꽃사슴의 행동 특성^{1a}

엄태경² · 이재강² · 이동호² · 고현규³ · 임신재^{4*}

Characteristic of Activity Pattern of Introduced Sika Deer (*Cervus nippon taiouanus*) in a Island^{1a}

Tae-Kyung Eom², Jae-Kang Lee², Dong-Ho Lee², Hyeon-gyu Ko³, Shin-Jae Rhim^{4*}

요약

본 연구는 무인센서카메라를 이용하여 도서 지역에 도입된 대만꽃사슴(*Cervus nippon taiouanus*)의 행동 특성을 파악하기 위하여 2021년 10월부터 2022년 10월까지 인천광역시 옹진군에 위치한 굴업도에서 실시되었다. 무인센서카메라 포착빈도의 커널 밀도 추정치로 대만꽃사슴의 계절별 일일 행동 패턴을 나타내었으며, 계절 간 중첩계수를 분석하여 계절에 따른 차이를 확인하였다. 굴업도에 도입된 대만꽃사슴은 겨울에만 박명(crepuscular) 형태의 행동 패턴을 보였으며, 봄부터 가을까지는 뚜렷한 형태가 나타나지 않았다. 박명 형태의 행동 패턴은 사슴류에 있어서 포식 위험을 낮추기 위한 일반적인 형태인데, 굴업도에 도입된 대만꽃사슴은 겨울에 지자체에서 실시하는 구제작업에 의해 영향을 받아 박명 형태의 활동을 하는 것으로 판단된다. 이는 봄부터 가을까지 빈번하게 발생하는 야영(back packing) 등의 인간 활동이 대만꽃사슴의 행동에 영향을 미치지 않는 것과 대조되는 결과였다. 또한, 겨울의 낮은 기온이 대만꽃사슴의 야간 행동에 영향을 주는 것으로 나타났다. 겨울의 추운 날씨와 구제작업에 의해 대만꽃사슴의 행동 패턴은 여름과 겨울 사이에 가장 낮게 중첩되었다. 본 연구에서 확인된 대만꽃사슴의 시간적 지위와 더불어 계절별 기온과의 관계는 도서 지역뿐 아니라 내륙 지역에 도입된 대만꽃사슴의 관리 방안을 수립하는데 중요한 기초 생태 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어: 관리 방안, 굴업도, 기온, 무인센서카메라, 시간적 지위

ABSTRACT

This study was conducted from October 2021 to October 2022 at Gulup island, Incheon, South Korea, to identify activity patterns of Formosan sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) introduced in island areas, using

1 접수 2022년 12월 26일, 수정 (1차: 2023년 2월 2일), 게재확정 2023년 2월 7일

Received 26 December 2022; Revised (1st: 2 February 2023); Accepted 7 February 2023

2 중앙대학교 대학원 생명자원공학부 박사과정 School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, 4726 Seodong-daero, Ansong 17546, Korea (xorud147@naver.com)

3 중앙대학교 대학원 생명자원공학부 석사과정 School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, 4726 Seodong-daero, Ansong 17546, Korea

4 중앙대학교 생명자원공학부 교수 School of Bioresource and Bioscience, Chung-Ang University, 4726 Seodong-daero, Ansong 17546, Korea (sjrhim@cau.ac.kr)

a 본 결과물은 환경부의 재원으로 한국환경산업기술원의 생물다양성 위협 외래생물 관리 기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음 (2021002280001).

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-31-670-4842, Fax: +82-31-675-3108, Email: sjrhim@cau.ac.kr

camera trapping. We described the daily activity patterns of Formosan sika deer in each season by analyzing kernel density estimates of capture frequency and checked seasonal differences in daily activity patterns by analyzing the overlap coefficient between seasons. Formosan sika deers introduced to Gulup island showed a crepuscular behavior pattern only in winter and no distinct pattern from spring to fall. The crepuscular behavior pattern is typical for deers to reduce the risk of predation, and it is determined that Formosan sika deers introduced to Gulup island were affected by population control of the species by the local government in the winter. It was in contrast to the fact that human activities, such as backpacking, frequently carried out from spring to fall, did not affect the behavior of Formosan sika deers. Moreover, low winter temperatures have been shown to affect the nocturnal activities of Formosan sika deers in winter. The behavior patterns of Formosan sika deers overlapped least between summer and winter due to cold winter weather and population control. The relationship between the temporal status of Formosan sika deers and seasonal temperature confirmed in this study can be important basic ecological data for establishing control measures of Formosan sika deers introduced not only in islands but also in inland.

KEY WORDS: CAMERA TRAPPING, GULUP ISLAND, MANAGEMENT, TEMPERATURE, TEMPORAL NICHE

서론

외래종의 유입은 전세계적인 물류 이동의 증가와 무분별한 야생동물의 수입 등으로 가속화되고 있다. 외래종은 경쟁이나 포식 등 종간 상호작용이나 질병의 전파 등을 통해 생태계 교란 및 생물다양성 감소를 발생시킬 수 있다 (Beltran-Beck *et al.*, 2012). 또한, 외래종이 생태계에 미치는 피해는 기후변화, 서식지 파괴 등 다른 생태계 교란 요인과 상호작용하여 그 영향력이 더욱 증가할 수 있다 (Mainka and Howard, 2010). 이에 따라 외래종 도입의 억제 및 관리에 대한 사회적인 요구가 커지고 있다. 외래종에 대한 효과적인 관리를 위해서는 생태계에 도입된 이들의 생태에 대한 깊이 있는 이해가 선행되어야 할 것이다.

대만꽃사슴(*Cervus nippon taiouanus*)은 농가에서 사육되던 개체가 탈출하거나 인위적인 방사에 의해 우리나라 생태계에 유입되기 시작했다. 현재는 서해안과 남해안의 일부 도서 지역과 속리산 일대, 순천시 등 내륙 지역에서 개체군이 정착하여 확산 중에 있다 (Jo *et al.*, 2018). 현재 우리나라의 생태계 내에서는 대만꽃사슴의 포식자가 존재하지 않아 개체군의 정착 및 확산을 저해시킬 생물장벽(biological barrier)이 취약한 실정이다. 또한, 대만꽃사슴은 노루(*Capreolus pygargus*)나 고라니(*Hydropotes inermis*)와 같은 토착 사슴류보다 몸집의 크기가 커서 경쟁 관계에서 우위를 점할 가능성이 매우 높아 토착종의 피해가 우려된다. 이에 대만꽃사슴에 대한 체계적인 관리가 요구되지만 현재 우리나라에 도입된 대만꽃사슴의 생태에 대한 연구는 부족한 실정이다 (Kim

et al., 2016; Banjade *et al.*, 2021).

종의 일일 행동 패턴은 일주기로 나타나는 활동과 수면/휴식 등의 패턴을 의미하며, 이는 단순히 생물학적 생체리듬에 의해서 결정되는 것이 아니라 다양한 환경 요인에 의해 영향을 받는다 (Hofmann, 1989; Botts *et al.*, 2020). 특히, 일일 행동 패턴은 기상 요인, 인간의 간섭, 종간 관계 등 종의 생존에 영향을 미치는 여러 요인을 반영한 종의 생태적인 생존 전략이다 (van Doormaal *et al.*, 2015; Schweiger and Frey, 2021). 이에 본 연구에서는 대만꽃사슴의 일일 행동 패턴을 파악하여 대만꽃사슴의 생태를 이해하고자 하였다. 특히, 본 연구는 자연 상태에 포식자 혹은 경쟁자가 존재하지 않는 도서 지역에 도입된 대만꽃사슴을 대상으로 하여 행동 특성을 구명하였다. 이러한 결과는 도서 지역에 도입된 대만꽃사슴 개체군을 관리하는 데에 중요한 기초자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

연구방법

1. 연구대상지

본 연구는 2021년 10월부터 2022년 10월까지의 기간 동안 인천광역시 옹진군에 위치한 굴업도에서 실시되었다 (Figure 1). 굴업도는 북위 37° 10'~11', 동경 125° 57'~59'의 범위에 위치한다. 연구 기간 내 굴업도의 연평균기온은 12.0°C (-3.1~25.5°C)였으며, 연간 강수량은 1,552mm였다

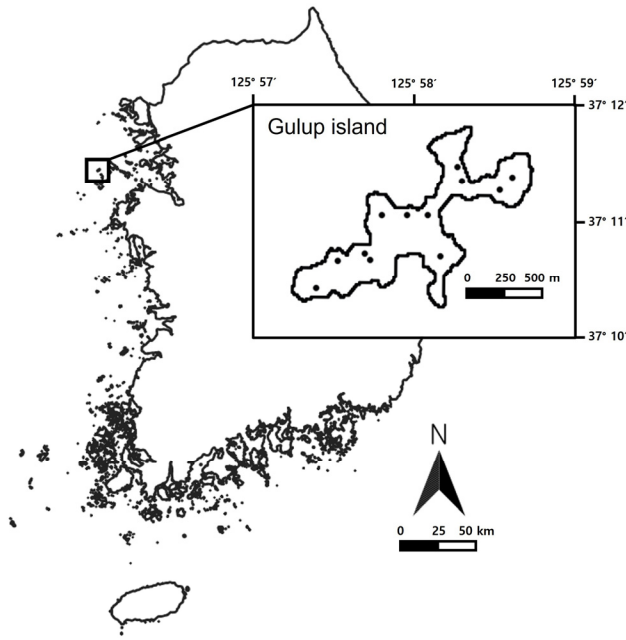


Figure 1. Location of trail cameras (black dot) in Gulup island, Incheon, South Korea.

(Korea Meteorological Administration, 2022). 일평균기온을 고려하여 3월에서 5월까지를 봄($15.26 \pm 4.74^\circ\text{C}$), 6월에서 9월은 여름($23.05 \pm 2.37^\circ\text{C}$), 10월에서 11월은 가을($9.31 \pm 3.83^\circ\text{C}$), 12월부터 2월은 겨울($1.16 \pm 1.16^\circ\text{C}$)로 구분하였다(Figure 1). 또한, 주간과 야간의 구분을 위한 일출과 일몰시간은 계절별로 달리 설정하였다. 봄의 일출과 일몰시간은 오전 6시와 오후 7시, 여름은 오전 5시 40분과 오후 7시 30분, 가을은 오전 7시와 오후 5시 45분, 겨울은 오전 7시 30분과 오후 6시로 구분하였다(Korea Astronomy and Space Science Institute, 2022). 굴업도에 서식하는 중형 이상의 포유류는 대만꽃사슴과 염소(*Capra hircus*)뿐 인 것으로 나타났다. 그런데 염소는 극히 적은 개체수가 서식하고 있었으며 이번 연구 기간 동안 3회만이 관찰되었다. 굴업도는 4월과 10월 사이에 관광객이 많이 방문하는 곳으로 야영(back packing) 등의 야외활동이 활발하여 사람과 대만꽃사슴의 접촉이 많이 발생하는 지역이다. 대만꽃사슴은 주민의 수익 증대를 목적으로 1980~1990년대에 굴업도의 농가에서 사육되기 시작하였으며, 농가에서 탈출하기 시작한 개체가 야생에서 적응하여 개체수가 크게 증가한 것으로 알려져 있다.

2. 조사분석

대만꽃사슴의 행동 패턴을 관찰하기 위해 굴업도에 무인센서카메라(Spec Ops Elite HP4; Browning, Inc.) 12대를

설치하여 연중 운영하였다. 무인센서카메라의 위치는 임의로(random) 선정하였으며, 지면으로부터 약 50cm 위에 설치하였다. 무인센서카메라는 적외선 센서에 동작이 감지되었을 경우 10초 길이의 동영상이 녹화되도록 설정하였으며, 격월로 조사지에 방문하여 무인센서카메라의 데이터를 수거하였다. 본 조사의 총 포착일수(trap-day)는 4,089일이었다. 독립적인 표본만을 분석에 이용하기 위하여 직전 영상과의 간격이 30분 이상인 영상을 선별하여 분석하였다(Eom *et al.*, 2022).

대만꽃사슴의 계절별 일일 행동 패턴을 파악하기 위하여 시간에 따른 무인센서카메라의 포착빈도를 이용하여 커널밀도 추정치(Kernel density estimate)를 분석하였다. 커널밀도 추정치의 평활인자는 시간이 순환자료임을 고려하여 Taylor(2008)의 방법을 참고하여 설정하였다. 대만꽃사슴의 계절별 행동 패턴이 중첩되는 정도를 나타내기 위하여 중첩계수(overlap coefficient)를 계산하였다. 중첩계수는 서로 다른 표본의 커널 밀도 추정 곡선에서 중첩되는 하단의 면적을 의미하며, 계수의 값이 가지는 범위는 0에서 1 사이에 존재한다. 중첩계수 값이 0.5 이하이면 '낮음', 0.5 초과 0.75 이하이면 '다소 높음', 0.75 초과이면 '매우 높음'으로 분류하였다(Marinho *et al.*, 2020). 대만꽃사슴의 일일 행동 패턴에 대한 중첩계수는 계절에 따른 표본 수를 고려하여 봄($n=705$)과 여름($n=1104$), 가을($n=1055$), 겨울($n=154$)에 대하여 중첩계수 $\Delta 4$ 를 이용하였다. 중첩계수의 평균과 95% 신뢰구간(CI, confidence interval)의 추정값은 1,000개의 부트스트랩(bootstrap) 표본을 이용하여 산출하였다. 모든 통계분석은 오픈소스 프로그램 R(Ver. 4.2.1)과 'overlap' R 패키지를 이용하여 실시하였다(Meredith and Ridout, 2021; R Core Team, 2022).

결과 및 고찰

대만꽃사슴의 계절별 일일 행동 패턴은 커널 밀도 추정을 이용하여 그림으로 나타내었다(Figure 2). 대만꽃사슴의 행동 패턴은 봄과 여름, 가을에는 뚜렷한 패턴이 나타나지 않았으나 겨울에는 일출과 일몰 무렵에 활발하게 행동하는 박명(crepuscular) 형태를 보였다. 또한, 커널 밀도 추정치를 바탕으로 하루 중 주간과 야간에 활동한 비율을 계절별로 분석하였다. 계절별로 대만꽃사슴이 주간에 활동한 비율은 봄 57%, 여름 52%, 가을 51%, 겨울 62%였다. 야간에 활동한 비율은 봄 43%, 여름 48%, 가을 49%, 겨울 38%인 것으로 나타났다. 대만꽃사슴의 계절별 행동 패턴의 변화를 파악하기 위하여 중첩계수를 계산하였다(Table 1). 여름과 겨울 사이 대만꽃사슴의 일일 행동 패턴에 대한 중첩계수는

0.70(CI95%: 0.64~0.77)이었다. 그 밖의 계절 간 중첩계수는 봄과 여름 0.87(CI95%: 0.83~0.91), 봄과 가을 0.86(CI95%: 0.82~0.89), 봄과 겨울 0.80(CI95%: 0.74~0.87), 여름과 가

을 0.85(CI95%: 0.81~0.88), 가을과 겨울 0.80(CI95%: 0.73~0.86)으로 중첩 정도가 매우 높았다.

본 연구 결과에서 나타난 대만꽃사슴의 박명 형태 행동

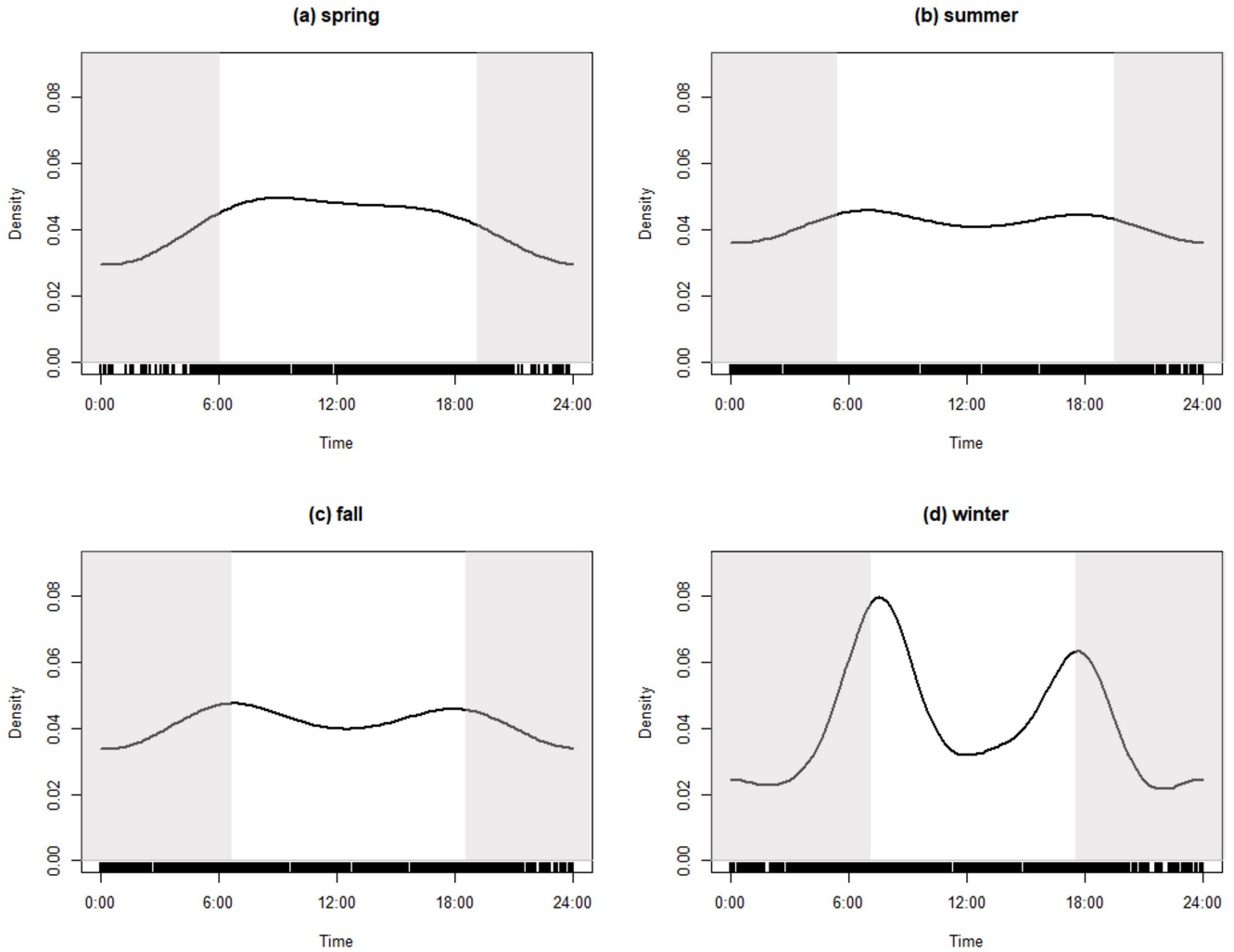


Figure 2. Seasonal differences in daily activity patterns of sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) in Gulup island, Incheon, South Korea.

Table 1. Overlap coefficient of daily activity patterns of sika deer (*Cervus nippon taiouanus*) between seasons in Gulup island, Incheon, South Korea

Season	Overlap coefficient (Δ)	Overlap value
spring-summer	0.87 (CI95%: 0.83~0.91)	high
spring-fall	0.86 (CI95%: 0.82~0.89)	high
spring-winter	0.80 (CI95%: 0.74~0.87)	high
summer-fall	0.85 (CI95%: 0.81~0.88)	high
summer-winter	0.70 (CI95%: 0.64~0.77)	moderate
fall-winter	0.80 (CI95%: 0.73~0.86)	high

패턴은 포식과 경쟁 등의 종간 관계를 피하기 위한 사슴류의 전형적인 유형인 것으로 알려져 있다(Botts *et al.*, 2020). 그러나 굴업도에 서식하는 대만꽃사슴은 겨울에만 뚜렷한 박명 형태의 행동 패턴을 보였고 봄부터 가을까지는 시간에 따른 활동성의 차이가 크지 않았다. 이는 본 연구대상지인 굴업도에 포식자와 경쟁자가 부재하기 때문에 대만꽃사슴의 행동 패턴이 종간 관계에 영향을 받지 않았기 때문일 것으로 판단된다(Bonnot *et al.* 2016).

굴업도의 대만꽃사슴이 겨울에만 뚜렷한 박명 형태의 활동을 하는 것은 인간의 간섭에 따른 것으로 판단된다. 매년 겨울 굴업도에서는 외래종 대만꽃사슴의 개체수를 조절하기 위한 구제작업이 시행되고 있었다. 사람에게 의한 구제작업은 대만꽃사슴에게는 포식과 동일한 영향을 주는 것으로 판단된다(Little *et al.*, 2014). 지자체에서 겨울에만 실시하는 구제작업에 의해 대만꽃사슴은 겨울에 박명 형태의 행동 패턴을 보이는 것으로 생각된다. 포식의 위험이 커지는 시기에는 대만꽃사슴의 야간 활동이 감소하는 것으로 알려져 있는데(van Doormaal *et al.*, 2015), 본 연구에서 역시 비슷한 경향을 보였다. 이러한 결과는 봄부터 가을 사이에 빈번하게 발생하는 관광객의 출입이 대만꽃사슴의 행동을 주지 않는 것과는 크게 대조된다.

겨울에 대만꽃사슴의 야간 활동이 줄어드는 경향은 추운 날씨가 영향을 준 것으로 판단된다. 기온이 높은 지역에 서식하는 사슴류는 야간에 활동성이 높지만(Scheibe *et al.*, 2009), 기온이 낮은 지역에서는 체온을 유지하기 위하여 전반적인 활동성이 낮고 주간에 주로 활동한다(Arnold *et al.*, 2006; Pipia *et al.*, 2008). 우리나라가 속해 있는 온대지역에서는 계절 간의 온도 차이가 사슴류의 행동에 영향을 미칠 것으로 생각된다(Lovegrove, 2005; van Oort *et al.*, 2007). 굴업도에 도입된 대만꽃사슴 역시 겨울의 낮은 기온에 영향을 받아 야간 활동의 비율이 낮아졌으며, 이는 여름과 겨울 사이 행동 패턴의 낮은 중첩지수에 영향을 준 것으로 보인다.

본 연구 결과, 대만꽃사슴은 사람에게 의한 구제작업에 큰 영향을 받았으며 구제작업은 대만꽃사슴에게 포식과 같은 역할을 하는 것으로 나타났다. 대만꽃사슴의 행동 특성은 관광 등 생존에 영향을 미치지 않는 인간의 활동에는 영향을 받지 않았다. 또한, 대만꽃사슴의 행동은 계절에 따른 기온 차이에 영향을 받는 것을 확인하였다. 본 연구에서 확인된 대만꽃사슴의 시간적 지위와 더불어 계절별 기온과의 관계는 도서 지역뿐 아니라 한반도 내륙 지역에 도입된 대만꽃사슴의 관리 방안을 수립하는데 중요한 기초 생태 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Arnold, W.(2020) Seasonal differences in the physiology of wild northern ruminants. *Animal* 14(S1): 124-132.
- Arnold, W., T. Ruf and R. Kuntz(2006) Seasonal adjustment of energy budget in a large wild mammal, the Przewalski horse (*Equus ferus przewalskii*) II. Energy expenditure. *Journal of Experimental Biology* 209(22): 4566-4573.
- Banjade, M., S.H. Han, Y.H. Jeong and H.S. Oh(2021) Diel and seasonal activity pattern of alien sika deer with sympatric mammalian species from Muljangori-oreum wetland of Hallasan National Park, South Korea. *Journal of Ecology and Environment* 45(1): 10. doi:10.1186/s41610-021-00185-y
- Beltran-Beck, B., F.J. Garcia and C. Gortazar(2012) Raccoons in Europe: Disease hazards due to the establishment of an invasive species. *European Journal of Wildlife Research* 58(1): 5-15.
- Bonnot, N., N. Morellet, A.J.M. Hewison, J.L. Martin, S. Benhamou and S. Chamaille-Jammes(2016) Black-tailed deer (*Odocoileus hemionus sitkensis*) adjust habitat selection and activity rhythm to the absence of predators. *Canadian Journal of Zoology* 94(6): 385-394.
- Botts, R.T., A.A. Eppert, T.J. Wiegman, A. Rodriguez, S.R. Blankenship, E.M. Asselin, W.M. Garley, A.P. Wagner, S.E. Ullrich, G.R. Allen and M.S. Mooring(2020) Circadian activity patterns of mammalian predators and prey in Costa Rica. *Journal of Mammalogy* 101(5): 1313-1331.
- Eom, T.K., J.K. Lee, D.H. Lee, H. Ko, H.K. Bae, K.J. Kim, H.S. Hwang, G.E. Park, W.I. Choi, J.H. Lim, C.R. Park and S.J. Rhim(2022) Annual variation on observation and activity pattern of Korean chipmunk (*Tamias sibiricus*) in the Seoraksan and Jirisan National Parks, South Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 34(4): 361-367.
- Hofmann, R.R.(1989) Evolutionary steps on ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: A comparative view of their digestive system. *Oecologia* 78(4): 443-457.
- Jo, Y.S., J.T. Baccus and J.L. Koprowski(2018) *Mammals of Korea*. National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, pp.478-481.
- Kim, G.C., Y.H. Lee, D.H. Jung, K.Y. Kim, Y.H. Kim, H.S. Han, J.I. Son, J.H. Lee, H.U. Lee, S.G. Cho and C.U. Cho(2016) Home range and behavioral characteristics of released the sika deer (*Cervus nippon*) by using GPS Collar in Songnisan National Park. *Korean Journal of Environment and Ecology* 30(6): 962-969.
- Korea Astronomy and Space Science Institute(2022) Open API. <https://astro.kasi.re.kr/index>. Accessed on 8 December, 2022.
- Korea Meteorological Administration(2022) Open MET data portal. <https://data.kma.go.kr>. Accessed on 2 December, 2022.
- Little, A.R., S. Demarais, K.L. Gee, S.L. Webb, S.K. Riffell, J.A.

- Gaskamp and J.L. Belant(2014) Does human predation risk affect harvest susceptibility of white-tailed deer during hunting season? *Wildlife Society Bulletin* 38(4): 797-805.
- Lovegrove, B.G.(2005) Seasonal thermoregulatory responses in mammals. *Journal of Comparative Physiology B* 175(4): 231-247.
- Mainka, S.A. and G.W. Horward(2010) Climate change and invasive species: Double jeopardy. *Integrative Zoology* 5(2): 102-111.
- Marinho, P.H., C.R. Fonseca, P. Sarmento, C. Fonseca and E.D. Venticinque(2020) Temporal niche overlap among mesocarnivores in a Caatinga dry forest. *European Journal of Wildlife Research* 66(2): 1-13.
- Meredith, M. and M.S. Ridout(2022) Overview of the overlap package. R Project. <https://cran.r-project.org/web/packages/overlap/overlap.pdf>. Accessed on 27 November, 2022.
- Pipia, A., S. Ciuti, S. Grignolio, S. Luchetti, R. Madau and M. Apollonio(2008) Influence of sex, season, temperature and reproductive status on daily activity patterns in Sardinian mouflon (*Ovis orientalis musimon*). *Behaviour* 145(12): 1723-1745.
- R Core Team(2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>. Accessed on 1 December, 2022.
- Scheibe, K.M., T.L. Robinson, A. Scheibe and A. Berger(2009) Variation of the phase of the 24-h activity period in different large herbivore species under European and African conditions. *Biological Rhythm Research* 40(2): 169-179.
- Schweiger, B.R. and J.K. Frey(2021) Weather determines daily activity pattern of an endemic chipmunk with predictions for climate change. *Climate Change Ecology* 2: 100027.
- Talyor, C.C.(2008) Automatic bandwidth selection for circular density estimation. *Computational Statistics and Data Analysis* 52(7): 3493-3500.
- van Doormaal, N., H. Ohashi, S. Koike and K. Kaji(2015) Influence of human activity on activity patterns of Japanese sika deer (*Cervu nippon*) and wild boar (*Sus scrofa*) in central Japan. *European Journal of Wildlife Research* 61(4): 517-527.
- van Oort, B.E.H., N.J.C. Tyler, M.P. Gerkema, L. Folkow and K.A. Stokkan(2007) Where clocks are redundant: Weak circadian mechanisms in reindeer living under polar photic conditions. *Naturwissenschaften* 94(3): 183-194.